

المستوى الثالث الفرع العلمي

الفصل الثاني :

التيار الكهربائي و  
الدارات الكهربائية

# القوي في الفي زياء

اعداد الاستاذ محمد عثمان

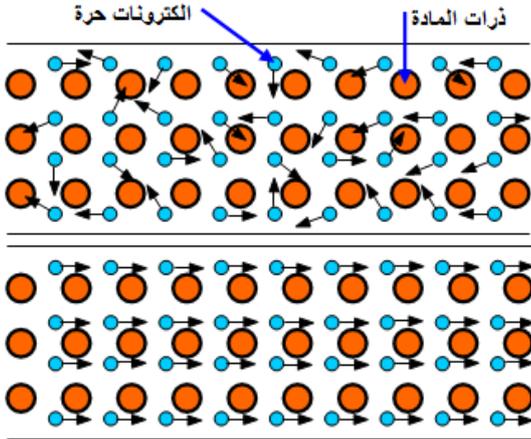
الاستاذ محمد عثمان ٠٧٨٨٠٧٢٧٤٦

التيار الكهربائي و الدارات الكهربائية

## التيار الكهربائي (Electric Current).

عرفنا في الفصل السابق أن المواد تنقسم الى ثلاثة أشكال من حيث السماح للشحنات الكهربائية بالانتقال من خلالها :

- مواد موصلة (مثل الفلزات , المحاليل الكهربية " الايونية" )
- مواد غير موصلة " عازلة " ( مثل الهواء , الفلين , الخشب ).
- مواد شبه موصلة ( مثل السيلكون , الجرمانيوم ).



و في الظروف العادية تحتوي الموصلات على شحنات حرة تتحرك بشكل عشوائي و في جميع الاتجاهات ( لا ينشأ عنها تيار كهربائي ).

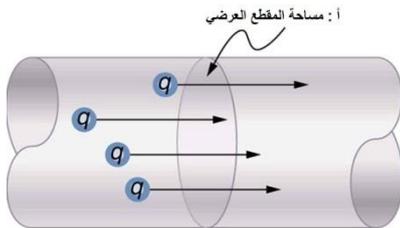
اذا تعرضت هذه الشحنات لمجال كهربائي فانها ستتأثر بقوة

كهربائية (  $U = m \cdot a$  ) ناشئة عن المجال تجعلها جميعاً تتحرك

باتجاه واحد و عكس اتجاه المجال و عندها نقول أنه نشأ تيار كهربائي .

و ينشأ المجال الكهربائي عندما يتعرض لفرق جهد بين طرفيه .

- تعتمد قيمة التيار الكهربائي على كمية الشحنة التي تعبر مقطعاً معيناً من الموصل خلال فترة زمنية .



**التيار الكهربائي :** هو كمية الشحنة التي تعبر مقطع من الموصل في وحدة الزمن .

اذا كانت كمية الشحنة التي تعبر المقطع في فترة زمنية ( $\Delta z$ ) هي ( $\Delta q$ ) فان متوسط التيار :

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta z}$$

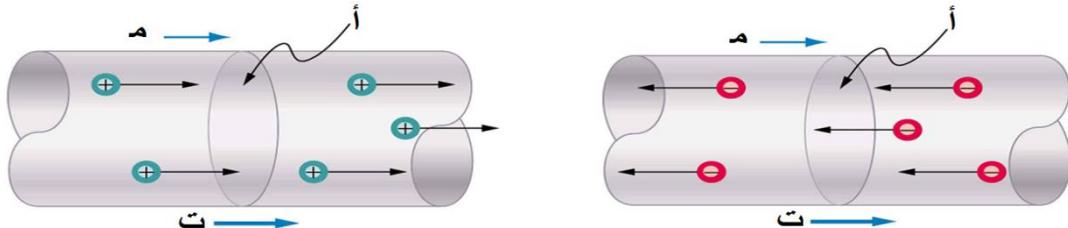
اذا كانت كمية الشحنة التي تعبر المقطع متغيرة مع الزمن فان التيار كذلك يكون متغير مع الزمن , وعندها سوف نلجأ لحساب **التيار اللحظي (Instantaneous Current)** و يعرف بأنه المشتقة الأولى بالنسبة للزمن , أي أن :

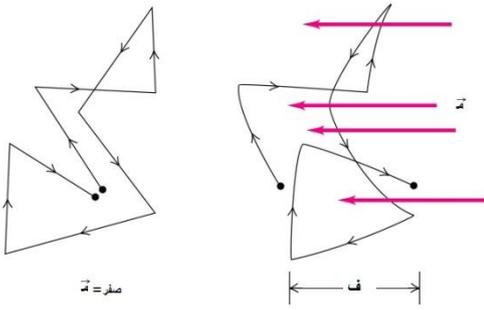
$$I = \frac{dq}{dz}$$

وحدة قياس التيار الكهربائي  $\frac{\text{كولوم}}{\text{ثانية}} = \text{أمبير}$

## اتجاه التيار الكهربائي :

الشحنات الحرة قد تكون ( موجبة أو سالبة ) لذلك اذا اثر عليها مجال كهربائي فانها سوف تتحرك باتجاهين متعاكسين , لذلك اتفق على أن يكون اتجاه التيار بنفس اتجاه حركة الشحنات الموجبة أي بنفس اتجاه المجال الكهربائي . و يسمى " **التيار الاصطلاحي** " .





نلاحظ من خلال الشكل المجاور أن الالكترونات تتحرك حركة متعرجة (بسبب التصادمات التي يجريها الالكترون مع الالكترونات الاخرى , و مع ذرات الوسط ) عبر الموصل بغياب المجال الكهربائي و تبدو الحركة أكثر انتظاماً بوجود المجال الكهربائي .

**سؤال :** ماذا ينتج عن تصادم الالكترونات مع بعضها و مع ذرات الموصل على نحو مستمر؟

سوف تفقد جزءاً من طاقتها الحركية أو جميعها , و لكن ما تلبث أن تتسارع ثانية باتجاه القوة الكهربائية المؤثرة فيها , و ينجم عن ذلك أن تندفع الالكترونات الحرة باتجاه معاكس لاتجاه المجال و بسرعة متوسطة تسمى " السرعة الانسيابية (Drift Velocity) " .

**السرعة الانسيابية :** متوسط السرعة التي تتحرك بها الالكترونات الحرة باتجاه معاكس لاتجاه المجال الكهربائي .

**ملاحظة :**  
 الجهاز المستخدم في قياس التيار الكهربائي يسمى "الاميتر" .  
 يوصل مع الدوائر الكهربائية على التوالي .

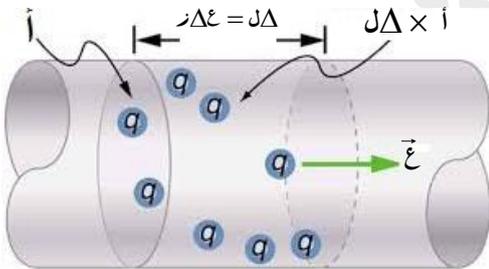
**سؤال :** ماذا يحدث للطاقة الحركية التي تفقدها الالكترونات في أثناء انسيابها ؟

تنتقل الى ذرات الموصل , مما يؤدي الى زيادة اتساع اهتزازاتها و ارتفاع درجة حرارة الموصل .

**سؤال :** ماذا نعني بقولنا أن التيار المار في موصل = ١٠ أمبير ؟

ذلك يعني انه يعبر مقطع الموصل شحنة مقدارها (١٠) كولوم في زمن (١) ثانية .

**العلاقة بين التيار المار في موصل و السرعة الانسيابية للالكترونات :**



في مقطع من سلك موصل , مقدار الشحنات التي تعبر جزء من طول السلك مقداره (Δl)

$$\Delta l \times A = \text{عدد الشحنات الموجودة في الطول } (\Delta l) \times \text{ش} \times e$$

$$\Delta l \times A = \text{مساحة المقطع } \times \text{الارتفاع} = \text{ش} \times e \times \Delta l \times A$$

و على افتراض أن الالكترونون يقطع مسافة (Δl) بسرعة (ع) و بزمن (Δt) :

$$\Delta l \times A = \text{ش} \times e \times \Delta t \times A$$

$$\Delta l \times A = \text{ش} \times e \times \Delta t \times A \Rightarrow \text{ش} \times e \times \Delta t \times A = \Delta l \times A$$

$$\text{ش} \times e \times \Delta t = \Delta l \times A$$

حيث أن :

$$\text{أ} : \text{مساحة مقطع السلك } (A) \quad (\pi r^2)$$

$$\text{ن} : \text{عدد الشحنات لكل وحدة حجم } (n)$$

$$\text{ع} : \text{سرعة الالكترونون داخل الموصل ( السرعة الانسيابية)}$$

$$\text{ش} : \text{شحنة الالكترونون ( كولوم )}$$

سؤال ( فسر كلاً مما يلي ) :

- أثناء الحركة العشوائية للشحنات الحرة في الموصلات تعبر الشحنات مقطع الموصل و مع ذلك لا ينشأ تيار كهربائي .  
لان مقدار الشحنة الكهربائية التي تعبر مقطع الموصل نحو في الاتجاهين هو نفسه , و بالتالي تلغي بعضها البعض فلا ينشأ تيار كهربائي في الموصل .
- ارتفاع درجة حرارة الموصل عند سريان التيار الكهربائي فيه .  
بسبب تصادم الالكترونات مع بعضها و مع ذرات الفلز , فتفقد الالكترونات جزءاً من طاقتها الحركية أو جميعها فتنتقل الى ذرات الفلز مما يؤدي الى ارتفاع درجة حرارة الموصل .
- تكون السرعة الانسيابية صغيرة جداً .  
لان عدد الالكترونات لكل وحدة حجم في الموصلات الفلزية كبير جداً , فتكون فرصة تصادم الالكترونات مع بعضها و مع ذرات الموصل كبيرة جداً , مما يعيق حركتها .

مثال :

إذا علمت أن  $(2 \times 10^{18})$  الكترون تعبر مقطعاً عرضياً لموصل فلزي خلال زمن  $(0.1)$  ثانية , جد ك

(1) متوسط التيار الكهربائي المار في الموصل ( شحنة الالكترون :  $1.6 \times 10^{-19}$  كولوم ) .

(2) كمية الشحنة التي تعبر المقطع العرضي للموصل في  $(0.5)$  ثانية .

الحل :

$$(1) \Delta q = n \cdot e = 2 \times 10^{18} \times 1.6 \times 10^{-19} = 0.32 \text{ ش } \Delta t = 0.1 \text{ كولوم .}$$

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{0.32}{0.1} = 3.2 \text{ أمبير .}$$

$$(2) \Delta q = n \cdot e = 0.5 \times 3.2 = 1.6 \text{ كولوم .}$$

مثال :

سلك نحاسي مقطعه العرضي  $2 \text{ مم}^2$  و يمر فيه تيار  $10$  أمبير , احسب السرعة الانسيابية للالكترونات الحرة في هذا السلك , علماً بأن عدد الالكترونات الحرة في وحدة الحجم من مادته يساوي  $8.5 \times 10^{28}$  الكترون/ $\text{م}^3$  .

الحل :

$$I = n \cdot e \cdot A \cdot v = 10 = 8.5 \times 10^{28} \times 1.6 \times 10^{-19} \times 2 \times 10^{-6} \times v \Rightarrow v = \frac{10}{2.72 \times 10^{-6}} = 3.7 \times 10^{-3} \text{ م/ث}$$

## المقاومة الكهربائية و قانون أوم ( Electric Resistance & Ohm's Law ) .

### المقاومة الكهربائية :

" و هي النسبة بين فرق الجهد و التيار المار في الموصل , و تعد مقياساً للاعاقة التي تواجهها الالكترونات الحرة في أثناء انتقالها في الموصل " , و يرمز للمقاومة بالرمز ( م ) .

و تنشأ المقاومة الكهربائية عندما تتحرك الالكترونات الحرة داخل الموصلات فتعاني من تصادمات كثيرة مع بعضها البعض و مع ذرات الموصل مما يعمل على اعاقه حركة الالكترونات , و تختلف المقاومة من موصل لآخر , بسبب اختلاف عدد الالكترونات الحرة , و اختلاف توزيع الذرات .

### قانون أوم :

"التيار الكهربائي المار في موصل فلزي يتناسب طردياً مع فرق الجهد بين طرفيه عند ثبوت درجة الحرارة " .

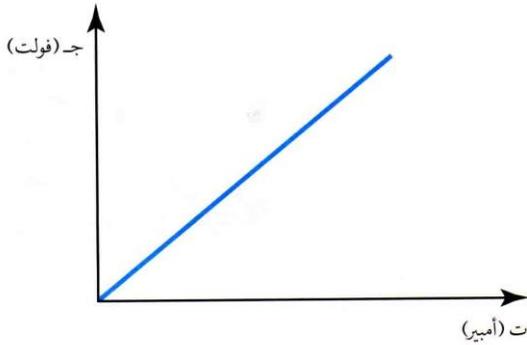
$$\frac{J}{T} = R$$

الصيغة الرياضية لقانون أوم :

حيث أن  $J$  : فرق الجهد بين طرفي الموصل  $T$  : شدة التيار في الموصل  $R$  : المقاومة الكهربائية .

وحدة قياس المقاومة  $\leftarrow R = \frac{J}{T} = \frac{\text{فولت}}{\text{أمبير}} = \text{أوم}$  , و يرمز لها بالرمز (  $\Omega$  ) .

**الأوم :** مقاومة موصل فرق الجهد بين طرفيه واحد فولت و يسري فيه تيار كهربائي مقداره واحد أمبير .



$$J = R \times T$$

يمثل الرسم المجاور العلاقة بين فرق الجهد و التيار

$$\text{ميل المنحنى} = \frac{\Delta J}{\Delta T} = \text{المقاومة (م)} .$$

تقسم الموصلات من حيث قانون أوم الى :

### موصلات أومية ( خطية ) :

الموصلات التي ينطبق عليها قانون أوم بحيث يتغير فيها التيار على نحو ثابت مع فرق الجهد الكهربائي بين طرفيها و تكون العلاقة بين الجهد و التيار علاقة خطية .

من الامثلة عليها ( الفلزات ) .



ميل ثابت =مقاومة ثابتة

### موصلات لا أومية ( لا خطية ) :

الموصلات التي لا ينطبق عليها قانون أوم بحيث يتغير التيار المار فيها على نحو غير خطي مع فرق الجهد بين طرفيها . من الامثلة عليها (المحاليل الكهربية , اشباه الموصلات ) .



ميل غير ثابت =مقاومة متغيرة

تقسم المقاومات من حيث المقدار الى نوعين :



مقاومة متغيرة المقدار " الريوستات " .



مقاومة ثابتة المقدار .

العوامل التي تعتمد عليها مقاومة موصل فلزي عند ثبوت درجة الحرارة :

• طول الموصل (  $l$  ) , علاقة طردية .

كلما زاد طول الموصل تزداد التصادمات التي تعاني منها الالكترونات الحرة فتزداد المقاومة (  $\propto l$  ) .

• مساحة مقطع الموصل (  $A$  ) , علاقة عكسية .

كلما زادت مساحة مقطع الموصل سيؤدي ذلك الى خروج شحنة كهربائية اكبر من مقطع الموصل مما يؤدي الى زيادة في التيار

الكهربائي أي نقصان المقاومة (  $\propto \frac{1}{A}$  ) .

• نوع مادة الموصل .

كما ذكرنا سابقاً تختلف المقاومة من مادة الى اخرى .

من خلال العوامل السابقة فان :

$\rho \propto \frac{l}{A} \leftarrow \rho = \text{ثابت} \times \frac{l}{A}$  , الثابت يعتمد على نوع مادة الموصل و يطلق عليه اسم **المقاومية أو المقاومة النوعية** و رمزه (  $\rho$  )

$$\frac{l \times \rho}{A} = R$$

**المقاومية (Resistivity):** مقاومة موصل طولها واحد متر و مساحة مقطعه واحد متر مربع .

وحدة قياس المقاومة  $\rho \leftarrow \rho = \frac{l \times R}{A} = \frac{\text{اوم} \times \text{متر}}{\text{متر}^2} = \text{اوم} \cdot \text{متر} = (\Omega \cdot \text{متر})$  .

تكون قيم المقاومة للمواد العازلة كبيرة , و يشار الى ذلك بمفهوم **الموصلية (Electric Conductivity)** و يرمز لها بالرمز (  $\sigma$  )

الموصلية =  $\frac{1}{\rho} \leftarrow \sigma = \frac{1}{\rho}$  , وحدة قياس الموصلية هي (  $\Omega^{-1} \cdot \text{متر}^{-1}$  )

**ملاحظة :**

- المواد الموصلة مقاوميتها قليلة لذلك موصليتها عالية جداً .
- المواد العازلة مقاوميتها عالية جداً لذلك موصليتها قليلة جداً .

**سؤال :**

ماذا نغني بأن مقاومة النحاس تساوي (  $1.6 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{متر}$  ) ؟

أي مقاومة سلك من النحاس طولها متر واحد و مساحة مقطعه العرضي متر مربع واحد تساوي (  $1.6 \times 10^{-8}$  ) اوم .

## أثر درجة الحرارة على المقاومة و المقاومة :

### • أثر درجة الحرارة على مقاومة الفلزات :

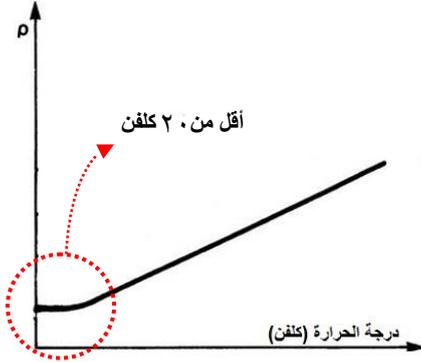
تزداد مقاومة الفلزات مع ازدياد درجة الحرارة , لان ارتفاع درجة الحرارة يؤدي الى زيادة الطاقة الحركية للالكترونات مما يؤدي الى زيادة التصادمات فتزداد الاعاقة .

### • أثر درجة الحرارة على المواد العازلة :

تقل مقاومة المواد العازلة بازياد درجة الحرارة , لأن هذه المواد لا تحتوي على الكترونات حرة الحركة , فعند رفع درجة حرارتها تتأين الذرات منتجة الكترونات حرة الحركة تتحرك لانتاج التيار و هذا يعني أن المقاومة قلت .

### • علاقة المقاومة مع درجة الحرارة :

علاقة المقاومة مع درجة الحرارة هي علاقة خطية طردية في الموصلات الفلزية الا عند درجات الحرارة المنخفضة ( أقل من ٢٠ كلفن ) , اذ تشذ المقاومة عن السلوك الخطي .



**علل :** تشذ المقاومة عن السلوك الخطي عند درجات الحرارة المنخفضة .

بسبب وجود شوائب من عناصر أخرى في الفلز .

و بالتالي يمكن استخدام المقاومة التي تفاس عند درجات حرارة منخفضة لمعرفة نسب الشوائب في الفلز .

## سؤال :

ما أثر ازدياد درجة الحرارة على موصلية و مقاومة كل من ( الزجاج , النحاس ) ؟  
الزجاج : تنخفض مقاومته بارتفاع درجة الحرارة و تزداد الموصلية و تقل المقاومة .  
النحاس : تزداد مقاومته بارتفاع درجة الحرارة و تقل الموصلية و تزداد المقاومة .

## الموصلية الفائقة (Superconductivity) :

هي ظاهرة تظهر للفلزات بحيث توول فيها المقاومة الكهربائية الى الصفر ( تنعدم المقاومة ) عند درجات حرارة منخفضة .

يأمل الباحثون الفيزيائيون للحصول على موصل يمتلك موصلية فائقة عند درجة حرارة الغرفة ٢٥°س لأنه سيسهل انجاز كبير فب مجالات تطبيقية عدة منها :

- نقل الطاقة من غير ضياع أي جزء منها .
- انتاج مجالات مغناطيسية قوية .

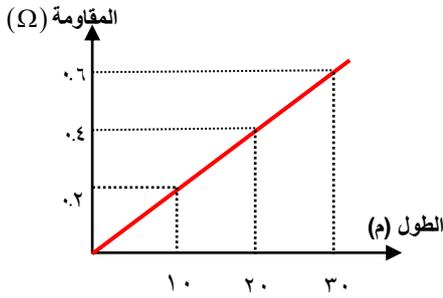
علاقة بعض الكميات الفيزيائية مع المقاومة و الموصلية و المقاومة :

- المقاومة و الموصلية خصيصة تميز المواد عن بعضها البعض و تكون ثابتة للمادة الواحدة عند درجة حرارة معينة ( تعتمد على نوع المادة فقط ) .

العوامل	المقاومة (م)	المقاومية (ρ)	الموصلية (σ)
زيادة درجة الحرارة	تزداد	تزداد	تقل
زيادة طول الموصل	تزداد	لا تتأثر	لا تتأثر
زيادة مساحة مقطع الموصل	تقل	لا تتأثر	لا تتأثر

### أسئلة عامة على التيار الكهربائي و المقاومة و قانون أوم :

#### السؤال الأول :

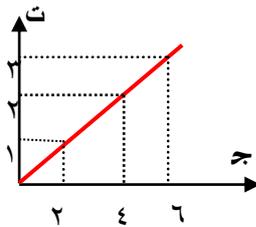


يمثل الرسم المجاور العلاقة بين مقاومة موصل فلزي و طوله , اذا كانت مساحة المقطع

العرضي للموصل ٢.٨ مم<sup>٢</sup> , فجد موصلية هذا الفلز (σ) ؟

الحل :  $(1.8 \times 10^{-4} \times 2.0 \Omega)^{-1}$ .

#### السؤال الثاني :

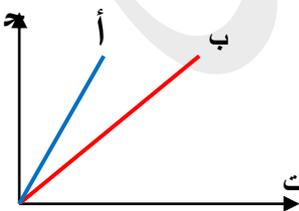


يمثل الرسم المجاور العلاقة بين فرق جهد موصل فلزي طوله ٢٢ و التيار المار من خلال مقطعه

العرضي الذي مساحته  $3 \times 10^{-4} \text{ م}^٢$  , جد مقاومة الفلز (ρ) ؟

الحل :  $(1.33 \times 10^{-4} \times 20 \Omega)$ .

#### السؤال الثالث :



الرسم المقابل يوضح العلاقة بين فرق الجهد و شدة التيار الكهربائي لموصلين ( أ , ب )

من نفس المادة عند ثبوت درجة الحرارة :

- أيهما أكبر مقاومة , و لماذا ؟
- أيهما ذو مساحة مقطع أكبر , و لماذا ؟

السؤال الرابع :

موصل فلزي طوله  $(\pi 2)$  و نصف قطر مقطعه  $(1 \times 10^{-3})$  و مقاومته  $(2 \times 10^{-1} \Omega)$  و يحوي  $(\frac{1}{1.6} \times 10^{28})$  الكترون/م<sup>3</sup> , وصل طرفي الموصل بمصدر للجهد , عبر مقطعه شحنة مقدارها  $(\pi$  كولوم) في زمن مقداره  $(0.5)$  ث , احسب :

- مقاومة الموصل .
- ثابت التوصلية .
- السرعة الانسيابية.

الحل بالترتيب :  $(2 = \Omega \times 10^{-1} \times 4)$  ,  $(\sigma = 5 \times 10^{-1} \times 2 \times 10^{-3})$  ,  $(\epsilon = 2 \times 10^{-1} \times 2 \times 10^{-3})$  .

السؤال الخامس :

سلك من النحاس مساحة مقطعه  $(4 \times 10^{-7})$  و طوله  $(1)$  و مقاومية النحاس  $(\rho = 1.6 \times 10^{-1} \Omega)$  , احسب :

- مقاومة السلك .
- التيار المار في السلك , عندما يكون فرق الجهد بين طرفيه  $(1)$  فولت .

الاجابة بالترتيب :  $(2 = \Omega \times 10^{-1} \times 4)$  ,  $(I = 25)$  أمبير) .

السؤال السادس :

قضيب نحاسي منتظم المقطع طوله  $(\frac{1}{3})$  مساحة مقطعه  $(1)$  سم<sup>2</sup> , سحب ليصبح سلك اسطواني منتظم المقطع مساحة مقطعه  $(1)$  ملم<sup>2</sup> , جد :

- طول السلك .
- النسبة بين مقاومة القضيب الى مقاومة السلك .

الاجابة بالترتيب :  $(L = 20)$  , النسبة  $(1 \times 10^{-4})$  .

السؤال السابع :

سلك من الفضة طوله ( ١٠٠ سم ) , و مساحة مقطعه ( ٠.٥ مم<sup>٢</sup> ) , مقاومته تساوي مقاومة سلك من النحاس مساحة مقطعه ( ٠.٥ مم<sup>٢</sup> ) , فاذا كانت المقاومة للفضة تساوي ١/٣ ضعف مقاومة النحاس , فاحسب طول سلك النحاس ؟  
الحل : ( ل = ٢١.٥ ) .

السؤال الثامن :

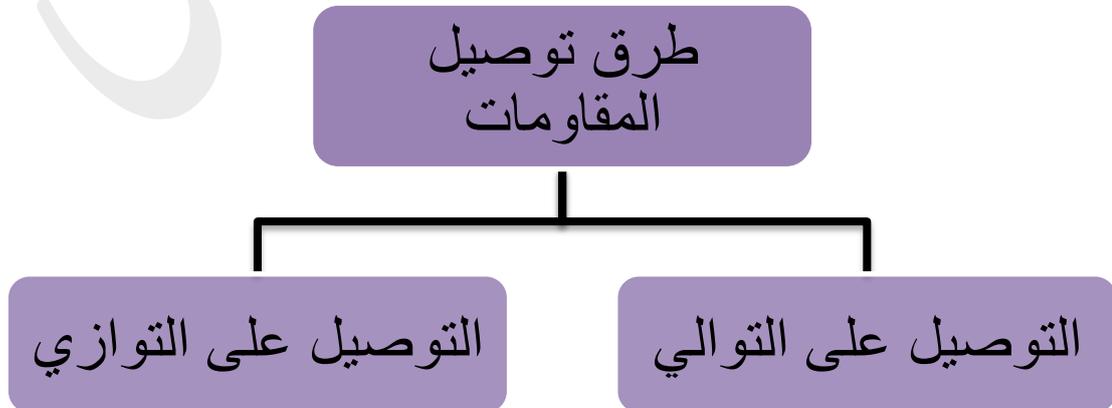
اذا كانت مقاومة سلك معزول و ملفوف تساوي ( ١٠٠ Ω ) , قطع منه ( ٢٢ ) فكانت مقاومته ( ٢٢ Ω ) , جد طول السلك الكلي ؟  
الاجابة : ( ٢١٠٠ ) .

السؤال التاسع :

سلك مصنوع من الحديد منتظم المقطع مساحة مقطعه ( ٤ مم<sup>٢</sup> ) و مقاومته ( ٢٠ Ω ) , اذا علمت أن مقاومة الحديد ( ١٠ Ω<sup>-١</sup> ) , احسب طو السلك ؟  
الاجابة : ( ٢٨٠٠ ) .

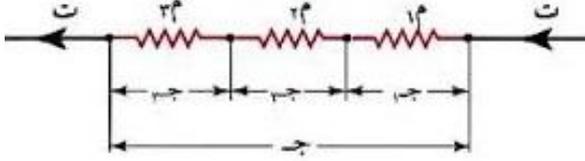
توصيل المقاومات ( Resistors Combinations ) .

الهدف من دراسة توصيل المقاومات هو ايجاد مقاومة واحدة ( مقاومة مكافئة ) تقوم بنفس دور مجموعة المقاومات :



### أولاً : توصيل المقاومات على التوالي (Series Combination).

خصائصها :



١- يمر بها نفس التيار , أي أن  $I_1 = I_2 = I_3 = I$  .

٢- يتوزع الجهد الكهربائي على المقاومات بنسبة طردية , بحيث أن :

$$J = J_1 + J_2 + J_3$$

$$I_1 \times R_1 + I_2 \times R_2 + I_3 \times R_3 =$$

٣- المقاومة المكافئة  $R = R_1 + R_2 + R_3$  , ( أثبت ذلك )

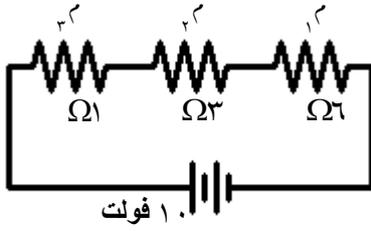
تكون المقاومة المكافئة أكبر من أكبر مقاومة في المجموعة .

حالة خاصة :

إذا اتصلت مجموعة من المقاومات المتساوية على التوالي , فإن المقاومة المكافئة يمكن أن نحصل عليها من العلاقة الآتية :

$$R = n \times R \quad , \quad \text{حيث أن : } m : \text{ مقاومة أحدهما , } n : \text{ عدد المقاومات}$$

مثال :



بالاعتماد على المعلومات المبينة في الدارة المجاورة , جد كلاً مما يلي :

- المقاومة المكافئة .
- التيار الكهربائي المار في كل مقاومة .
- فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة .

الحل :

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = 1 + 3 + 6 = 10 \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1}{10} = 0.1 \text{ أمبير} . \quad ( I_1 = I_2 = I_3 = I ) \text{ لأن المقاومات موصولة على التوالي} .$$

$$J_1 = I_1 \times R_1 = 0.1 \times 1 = 0.1 \text{ فولت} .$$

$$J_2 = I_2 \times R_2 = 0.1 \times 3 = 0.3 \text{ فولت} .$$

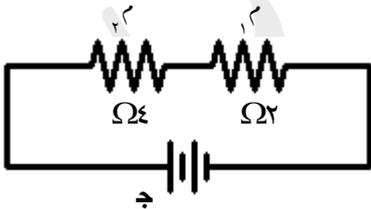
$$J_3 = I_3 \times R_3 = 0.1 \times 6 = 0.6 \text{ فولت} . \quad ( \text{نلاحظ أن مجموع فروق الجهد بين طرفي كل مقاومة يساوي فرق الجهد بين طرفي المقاومة المكافئة} ) .$$

سؤال :

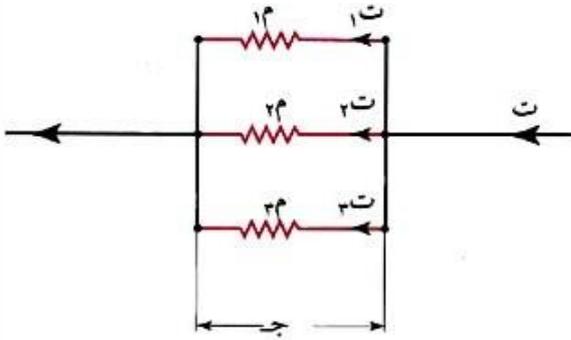
في الشكل المجاور أوجد فرق الجهد بين طرفي المصدر , اذا علمت أن التيار

المار في  $R_2$  يساوي (٢) أمبير .

الحل : ( ٢ فولت ) .



### ثانياً : توصيل المقاومات على التوازي (Parallel Combination).



خصائصها :

١- يتوزع التيار الكلي في المقاومات بنسب عكسية , بحيث أن :

$$I_1 + I_2 + I_3 = I$$

٢- فرق الجهد بين طرفي جميع المقاومات متساوي , أي أن :

$$V_1 = V_2 = V_3 = V$$

٣- المقاومة المكافئة  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$  , ( أثبت ذلك )

تكون قيمة المقاومة المكافئة أصغر من أصغر مقاومة في المجموعة .

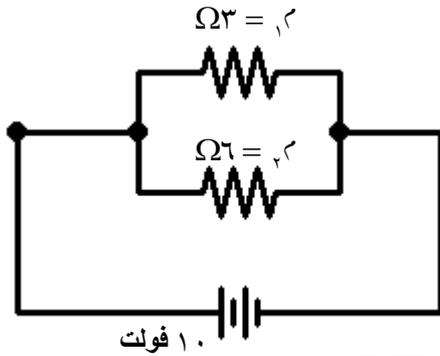
حالة خاصة :

إذا اتصلت مجموعة من المقاومات المتساوية على التوازي , فإن المقاومة المكافئة يمكن أن نحصل عليها من العلاقة الآتية :

حيث أن : م : مقاومة أحدهما , ن : عدد المقاومات .

$$\frac{R}{n} = R'$$

مثال :



بالاعتماد على المعلومات المبينة في الدارة المجاورة , أوجد ما يلي :

- المقاومة المكافئة .
- فرق الجهد بين طرفي كل مقاومة .
- التيار الكهربائي المار في كل مقاومة .

الحل :

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{2}{6} + \frac{1}{6} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2} \Rightarrow R' = 2 \Omega$$

ج<sub>١</sub> = ج<sub>٢</sub> = ١٠ فولت ( لأن المقاومات موصولة على التوازي ) .

$$I = \frac{V}{R'} = \frac{10}{2} = 5 \text{ أمبير} \Rightarrow I_1 = \frac{10}{3} = 3.33 \text{ أمبير} , I_2 = \frac{10}{6} = 1.67 \text{ أمبير} .$$

مثال :

جد المقاومة المكافئة بين ( س , ص ) :

- قبل اغلاق المفتاح .
- بعد اغلاق المفتاح .

الحل :

قبل اغلاق الدارة و كأن الخط الموجود فيه المفتاح (ح) غير موجود .

٥٥, ٥٣ (توالي) .

$$R' = 5 + 3 = 8 \Omega \Rightarrow R' = 8 \Omega$$

٦١, ٥٢ (توالي) .

$$R' = 6 + 2 = 8 \Omega \Rightarrow R' = 8 \Omega$$

١٢, ٢ (توازي) .

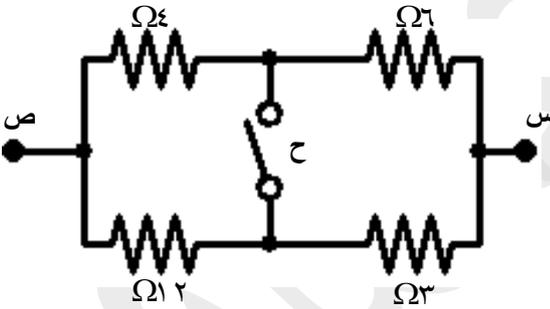
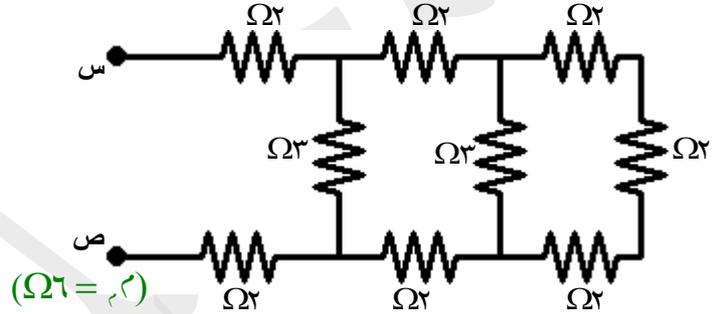
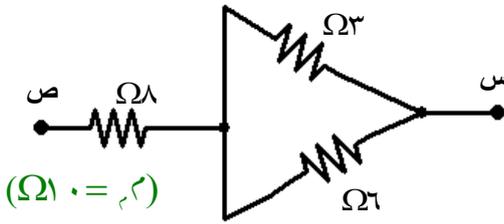
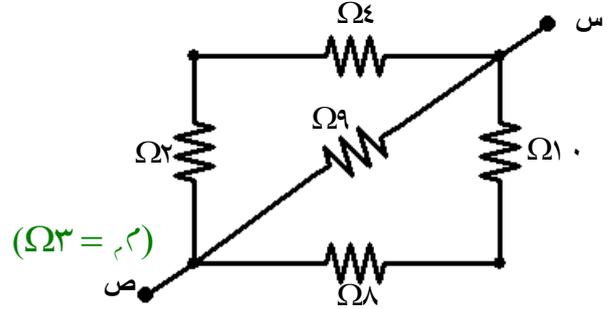
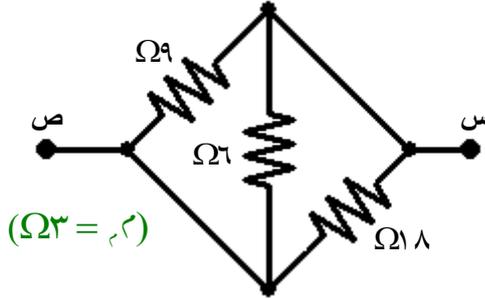
$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{8} + \frac{1}{8} = \frac{2}{8} = \frac{1}{4} \Rightarrow R' = 4 \Omega$$

بعد اغلاق الدارة :

تصبح المقاومة المكافئة صفراً , لأنه أصبح لدينا دائرة قصر ولا يمر تيار في أي من المقاومات الواردة .

سؤال :

جد المقاومة المكافئة بين ( س , ص ) لكل مجموعة من المقاومات التالية :



في الشكل المجاور جد المقاومة المكافئة عند الحالات التالية :

- عندما يكون المفتاح ( ح ) مفتوحاً؟  $(\Omega_6 = R)$
- عندما يكون المفتاح ( ح ) مغلقاً؟  $(\Omega_5 = R)$

ملاحظة :

أن قيمة المقاومة تهمل في كلا الحالتين التاليتين :

- اذا وجد دائرة قصر ( وجود سلك عديم المقاومة موصول مع المقاومات على التوازي و عندها يمر التيار الكهربائي في السلك ولا يمر في المقاومات الاخرى ).
- اذا كانت المقاومة غير موصولة في دائرة كهربائية مغلقة .

سؤال :

مجموعة من المقاومات المتساوية , وصلت معاً على التوالي فكانت المقاومة المكافئة تساوي  $(\Omega_6)$  , و عندما وصلت نفس المقاومات

معاً على التوازي كانت المقاومة المكافئة لها  $(\Omega_{\frac{1}{6}})$  , احسب عدد المقاومات و قيمة كل مقاومة ؟

الحل : (عدد المقاومات 6 , قيمة كل مقاومة تساوي  $\Omega_1$  )

## القدرة الكهربائية (Electric Power).

### القدرة :

هي الشغل المبذول في وحدة الزمن ( المعدل الزمني للتغير في الطاقة ).  
 و يعبر عنها رياضياً :

$$\text{القدرة} = \frac{\Delta \text{الشغل}}{\Delta z}$$

القدرة =  $\frac{\Delta \text{ش}}{\Delta z} = \frac{\text{ج}}{\Delta z} = \text{ج ت}$  , و تقاس القدرة الكهربائية بوحدة ( فولت . أمبير ) , و تسمى هذه الوحدة ( واط ).

$$\text{القدرة} = \text{ج ت} = \text{ت} \times \frac{\text{ج}^2}{\text{م}}$$

### الطاقة الكهربائية :

الطاقة ( جول ) = القدرة ( واط ) × الزمن ( ثانية )

$$\begin{aligned} \text{ت} \times \text{ج} \times \text{ز} &= \\ \text{ت} \times \text{م} \times \frac{\text{ج}^2}{\text{م}} &= \\ \frac{\text{ج}^2}{\text{م}} \times \text{ز} &= \end{aligned}$$

في حالة توصيل الدارة على التوالي	في حالة توصيل الدارة على التوازي
يثبت التيار (القدرة = ت <sup>2</sup> م )	يثبت الجهد (القدرة = $\frac{\text{ج}^2}{\text{م}}$ )
تكون العلاقة بين القدرة و المقاومة علاقة طردية (أكبر مقاومة تستهلك أكبر قدرة ) .	تكون العلاقة بين القدرة و المقاومة عكسية (أصغر مقاومة تستهلك أكبر قدرة ) .
ط = ت <sup>2</sup> م	ط = $\frac{\text{ج}^2}{\text{م}}$

### مثال :

سخان كهربائي كتب عليه ٢٢٠ واط , ٢٢٠ فولت , صنعت مقاومته من سلك فلزي مساحة مقطعه العرضي ٦ مم<sup>٢</sup> و مقاومة مادته ١.٦ × ١٠<sup>-١</sup> Ω , احسب :

- طول السلك الفلزي الذي صنعت منه المقاومة .
- أكبر تيار يمر في مقاومة السخان .
- موصلية مادة سلك المقاومة .
- الطاقة المصروفة عند تشغيل السخان لمدة ساعتين .

### الحل :

- القدرة =  $\frac{\text{ج}^2}{\text{م}} \Leftarrow \text{ج} = \sqrt{\text{القدرة} \times \text{م}} = \frac{\sqrt{220 \times 220}}{220} = \frac{220}{220} = 1$  , لكن  $\frac{\rho}{\text{ل}} = \text{م} \Leftarrow \text{ل} = \frac{\rho}{\text{م}} = \frac{1.6 \times 10^{-1}}{1} = 0.16$  م
- ج = ت<sup>2</sup> م  $\Leftarrow \text{ت} = \sqrt{\frac{\text{ج}}{\text{م}}} = \sqrt{\frac{220}{220}} = 10$  أمبير .
- $\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{1.6 \times 10^{-1}} = 6.25 \times 10^0 = 6.25$  Ω<sup>-١</sup> .
- الطاقة المصروفة = القدرة × الزمن = ٢٢٠ × ٦٠ × ٦٠ = ٧٩٢٠٠٠ جول .
- = ٤.٤ كيلو واط . ساعة .

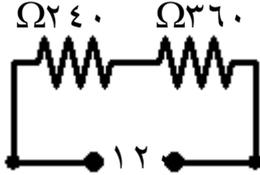
مثال :

مصباحان كتب على الاول (٤ واط، ٢٠ فولت) ، و على الثاني (٦ واط، ٢٠ فولت) ، احسب القدرة المستهلكة في كل مصباح في الحالتين الاتيتين :

- اذا وصل معاً على التوالي ، ثم وصل مع مصدر للجهد يعطي ٢٠ فولت .
- اذا وصل معاً على التوازي ، ثم وصل مع مصدر للجهد يعطي ٢٠ فولت .

الحل :

- المصباح الاول (٤ واط، ٢٠ فولت)



$$\Omega 360 = \frac{120 \times 120}{40} = 36 \leftarrow \frac{120 \times 120}{12} = 40 \leftarrow \frac{120}{12} = 10 \text{ القدرة}$$

المصباح الثاني (٦ واط، ٢٠ فولت)

$$\Omega 240 = \frac{120 \times 120}{60} = 24 \leftarrow \frac{120 \times 120}{24} = 60 \leftarrow \frac{120}{24} = 5 \text{ القدرة}$$

$$\Omega 600 = 240 + 360 = 600$$

$$ت = \frac{120}{600} = 0.2 \text{ أمبير .}$$

$$\text{القدرة (١)} = 360 \times (0.2)^2 = 28.8 \text{ واط}$$

$$\text{القدرة (٢)} = 240 \times (0.2)^2 = 9.6 \text{ واط}$$

- المصباح الثاني (٦ واط، ٢٠ فولت)

في هذه الحالة لن تتغير القدرة لانه في حالة التوازي يتساوى الجهد على المقاومات و يساوي جهد المصدر ، أي أن :  
 القدرة (١) = ٤٠ واط .

$$\text{القدرة (٢)} = ٦٠ واط . \quad \left( \text{أو تحسب حسب القانون القدرة} = \frac{P}{R} \right)$$

سؤال :

سخان كهربائي يعمل على فرق جهد مقداره ٢٠٠ فولت ، صنعت مقاومته من سلك فلزي طوله ٣٢ م و مقاومة مادته  $2 \times 10^{-1} \Omega$  و الطاقة المصروفة فيه عند تشغيله ساعة واحدة تساوي  $10 \times 72$  جول ، احسب :

- أكبر تيار كهربائي يمر في مقاومة السخان .
- مساحة مقطع السلك .

$$\text{الحل بالترتيب (ت = ١٠ أمبير ، } 2 \times 10^{-1} \times 32 = 6.4 \text{ م}^2 \text{ )}$$

## القوة الدافعة الكهربائية (Electromotive Force) .

### القوة الدافعة الكهربائية :

"هي الشغل الذي تبذله البطارية في نقل وحدة الشحنات الكهربائية الموجبة من القطب السالب الى القطب الموجب داخل المصدر ."

تقوم البطارية ببذل شغل على الشحنات الكهربائية و نقلها من النقطة (أ) ذات منطقة الجهد المنخفض الى النقطة (ب) ذات منطقة الجهد المرتفع .

هذا الشغل يمد الشحنات بالطاقة اللازمة فتكمل مسارها من النقطة (د) الى النقطة (هـ) عبر المقاومة .

و باهمال مقاومة الاسلاك فان الطاقة التي تكسبها الشحنات من (أ ← ب) تستنفذ عبر المقاومة من (د ← هـ).

### قانون القوة الدافعة الكهربائية :

$$\frac{\Delta \text{ش}}{\Delta \text{ش}} = \text{القوة الدافعة} = \text{الشغل الذي يبذله المصدر} / \text{كمية الشحنة المنقولة}$$

$$\text{وحدة قياس القوة الدافعة الكهربائية} = \frac{\text{ش}}{\text{ش}} = \frac{\text{جول}}{\text{كولوم}} = \text{فولت}$$

و من المعادلة السابقة :

$$\frac{\text{ش}}{\Delta z} = \frac{\text{ش} \times \epsilon}{\Delta z} \quad (\text{بالقسمة على } \Delta z)$$

(القدرة الكهربائية المسحوبة من البطارية)

$$\text{القدرة الكهربائية} = \epsilon \times \text{ت}$$

- في الواقع العملي لكل بطارية مقاومة داخلها تسمى المقاومة الداخلية ( $r_i$ ) و التي تعمل على استهلاك جزء من الطاقة الكهربائية على شكل طاقة حرارية داخل البطارية .

### سؤال :

- ماذا نعني بقولنا أن القوة الدافعة الكهربائية لبطارية تساوي ٢ فولت ؟
- أي أن هذه البطارية تبذل شغلاً مقداره ( ٢ جول ) لنقل وحدة الشحنات الموجبة من القطب السالب الى القطب الموجب داخلها .
- ماذا نعني بقولنا أن قدرة بطارية تساوي ٥ واط ؟
- أي أن هذه البطارية تبذل شغلاً مقداره ( ٥ جول ) في الثانية الواحدة لتحريك الشحنات في الدارة .

### مثال :

إذا كانت البطارية تعطي (٢٠) جول لكل (٥) كولوم , و يمر في البطارية تيار (٢) أمبير , وكانت مقاومتها الداخلية تساوي  $\left(\frac{1}{4}\right) \Omega$  ,

أوجد ما يأتي :

- القوة الدافعة الكهربائية .
- قدرة البطارية .
- القدرة المستهلكة داخلها .

### الحل :

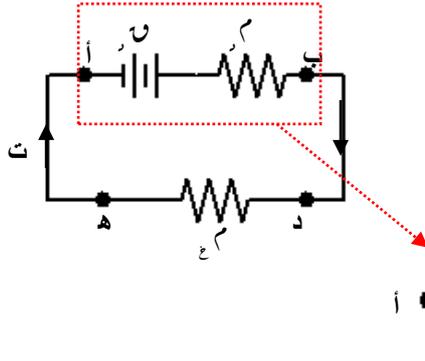
- $\epsilon = \frac{\text{شغل}}{\text{الشحنة}} = \frac{20}{5} = 4$  فولت .
- قدرة البطارية =  $\epsilon \times \text{ت} = 4 \times 2 = 8$  واط .
- القدرة المستهلكة داخلها =  $\text{ت}^2 \times r_i = 2^2 \times \frac{1}{4} = 1$  واط .

## معادلة الدارة الكهربائية البسيطة (Simple Electric Circuit Equation).

### الدارة الكهربائية البسيطة :

هي الدارة التي تكون جميع عناصرها ( المقاومات و البطاريات ) موصلة على التوالي أو يمكن تبسيطها على التوالي .  
تقسم الدوائر الكهربائية الى نوعين :

- دوائر كهربائية مفتوحة : و هي التي يكون هنالك انفصال في أجزائها .
  - دوائر كهربائية مغلقة : و هي التي تكون جميع أجزائها متصلة مع بعضها البعض .
- الدارة التي لا يمكن تبسيطها لتصبح دارة بسيطة , تدعى الشبكات الكهربائية و يتم التعامل معها باستخدام قاعدة كيرتشفوف .



لايجاد الصيغة العامة لمعادلة الدارة البسيطة سوف نأخذ الدارة في الشكل المجاور و التي تتكون من المقاومة الداخلية للبطارية ( $r$ ) و المقاومة الخارجية ( $R$ ) و بطارية قوتها الدافعة ( $\mathcal{E}$ ).

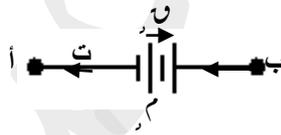
- حساب فرق الجهد بين قطبي البطارية ( قراءة الفولتметр بين طرفي البطارية ) :  
١- إذا كانت البطارية موصولة بنفس اتجاه التيار :

$$\text{ج. بطارية} = \mathcal{E} - r - R$$

نلاحظ أن فرق الجهد بين طرفي البطارية يقل عن قوتها الدافعة ( $\mathcal{E}$ ) بمقدار ( $r + R$ ) و تسمى الكمية ( $r + R$ ) الهبوط في الجهد داخل البطارية .

- ٢- إذا كانت البطارية موصولة بعكس اتجاه التيار (بوجود بطارية اخرى) :

$$\text{ج. بطارية} = \mathcal{E} + r + R$$

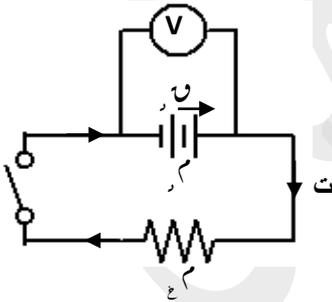


- في الدارة الموضحة بالشكل إذا كان المفتاح مفتوح (  $I = 0$  ) .

$$\text{قراءة الفولتметр} = \text{ج. البطارية} = \mathcal{E}$$

- عند اغلاق المفتاح

$$\text{قراءة الفولتметр} = \text{ج. البطارية} = \mathcal{E} - r - R$$



سؤال :

اذكر حالتين يكون فيهما فرق الجهد بين قطبي البطارية مساوياً لقوتها الدافعة .

الحل :

- تكون الدارة مفتوحة ( انعدام المجال الكهربائي الذي يمد الشحنات بالطاقة )  $I = 0$  صفر .
- اهمال المقاومة الداخلية للبطارية  $r = 0$  صفر.

لايجاد معادلة الدارة البسيطة :

$$U = U_1 + U_2 + \dots$$

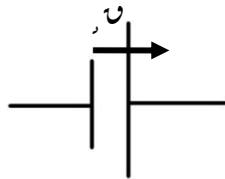
$$I = \frac{U}{R_1 + R_2 + \dots}$$

$$U = (R_1 + R_2 + \dots) I$$

$$I = \frac{\sum U}{\sum R}$$

معادلة دارة كهربائية بسيطة تحتوي على عدة بطاريات و مقاومة تصبح :

بحيث أن  $\sum R = R_1 + R_2 + \dots$  ( جمع جبري عادي )



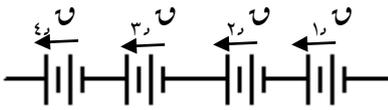
بالنسبة للقوة الدافعة  $(U)$  :

على الرغم من أن القوة الدافعة الكهربائية كمية غير متجه إلا أنه اصطلح أن يكون لها اتجاه و هو اتجاه سهم من القطب السالب الى القطب الموجب .

• لايجاد  $\sum U$  للبطاريات الموصولة على التوالي :

١- إذا كانت البطاريات موصولة بالاتجاه نفسه فإن

$$\sum U = U_1 + U_2 + \dots$$



٢- إذا كانت البطاريات موصولة باتجاهات مختلفة فنجمع الموصولة في نفس الاتجاه فيكون :

$$\sum U = U_{\text{الأكبر}} - U_{\text{الأصغر}} + \dots$$



مثال توضيحي :

جد مقدار القوة الدافعة الكهربائية و اتجاه التيار في الدارة المبينة بالرسم المجاور :

• نلاحظ أن  $(87, 5, 4, 3, 1)$  بنفس الاتجاه

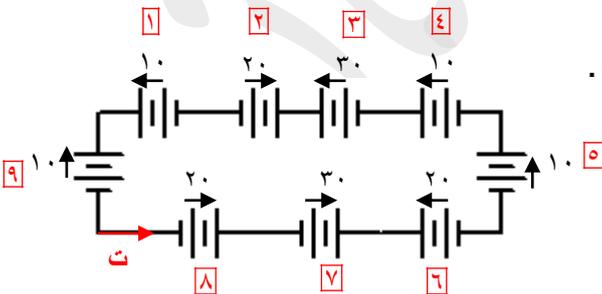
$$\sum U_1 = 10 + 30 + 10 + 10 + 30 + 10 = 110 \text{ فولت .}$$

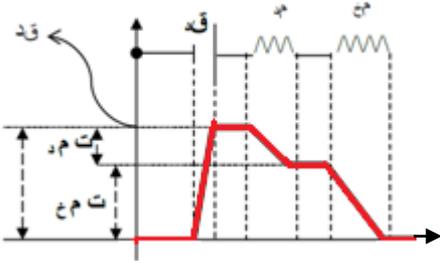
• نلاحظ أن  $(9, 6, 2)$  بنفس الاتجاه و معاكس للمجموعة الأولى

$$\sum U_2 = 20 + 20 + 10 = 50 \text{ فولت .}$$

$$\sum U = \sum U_1 - \sum U_2 = 110 - 50 = 60 \text{ فولت .}$$

و اتجاه التيار باتجاه القوة الدافعة الأكبر كما هو موضح في الدارة .





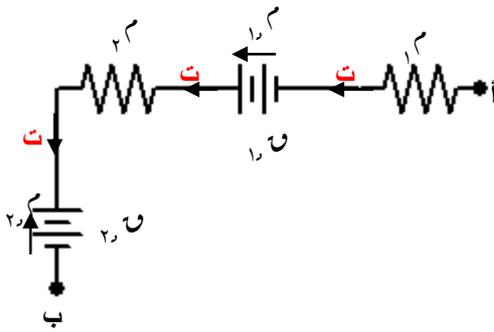
يمكننا تمثيل التغيرات في الجهد عن طريق الرسم البياني المجاور حيث أن الشحنات الكهربائية يرتفع جهدها عند دخولها البطارية بمقدار القوة الدافعة الكهربائية للبطارية ( أو مجموعة البطاريات ) و عند تدفقها عبر البطارية ينخفض الجهد بمقدار (  $I r_c$  ) و عند تدفق التيار عبر المقاومة ( المقاومات ) الخارجية يهبط بمقدار (  $I r_e$  ).

$$V_r = I r_c + I r_e \text{ بضرب المعادلة بـ } (I)$$

$$I V_r = I^2 r_c + I^2 r_e$$

( وهذه العلاقة تمثل القدرة التي تنتجها البطارية , وحسب قانون حفظ الطاقة سوف تتوزع القدرة على المقاومات الداخلية و الخارجية ).

إذا طلب حساب فرق الجهد بين نقطتين في دائرة كهربائية ( ج ب ) .



• إذا تحركنا من أ ← ب نبدأ كما يلي و نأخذ كل فروق الجهد حتى نصل الى (ب):

$$J_{ب} - J_{أ} = I V_r - I V + (r_1 + r_2 + r_3 + r_a) I$$

• إذا تحركنا من ب ← أ نبدأ كما يلي و نأخذ كل فروق الجهد حتى نصل الى (أ):

$$J_{أ} - J_{ب} = I V_r - I V + (r_1 + r_2 + r_3 + r_a) I$$

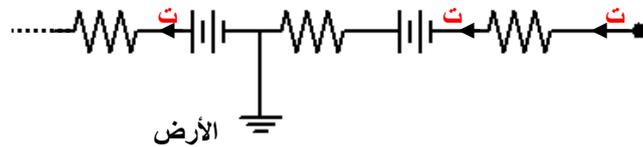
- إذا كان ت ( مع المسار ) يكون سالب اما إذا كان ( عكس المسار ) يكون موجب .
- إذا كان  $V_r$  ( مع المسار ) يكون موجب اما إذا كان ( عكس المسار ) يكون سالب .

ملاحظة :

$$J_{ب} - J_{أ} = J_{ب} - J_{أ}$$

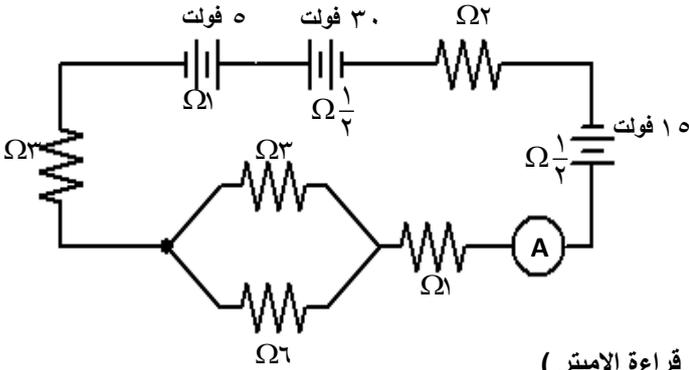
$$J_{أ} - J_{ب} = J_{أ} - J_{ب}$$

- تحافظ البطارية على نقل كمية ثابتة من الطاقة في كل دورة للشحنات الكهربائية لذلك فهي تنقل مقدار ثابت من الشحنات في كل دورة مما يجعل قيمة التيار ثابتة في جميع اجزاء الدارة .
- فرق الجهد بين أي نقطتين في الدارة الكهربائية لا يعتمد على المسار المتبع بين هاتين النقطتين .
- جهد الارض = صفر , لذلك أي نقطة موصولة بالارض يكون جهدها ( صفر ) ولا يؤثر ذلك على مرور التيار في الدارة و يستفاد منها في معرفة جهد نقطة أخرى .





**مثال :**



في الدارة الموضحة بالشكل أوجد :

- قراءة الاميتر (A).
- القدرة المستهلكة في المقاومة  $\Omega_6$ .
- قدرة البطارية ذات القوة الدافعة 3.0 فولت .

**الحل :**

•  $\Omega_2 = \Omega_6 \Leftarrow$  على التوازي

•  $I = \frac{20 - 30}{3 + 1 + 2 + 1 + 1 + 2} = \frac{10}{10} = 1$  أمبير (قراءة الاميتر)

•  $\frac{P}{W} = \frac{2}{4} = 0.5$  القدرة =  $2 \times 1 = 2$  فولت  $\Leftarrow$  القدرة =  $\frac{4}{4}$  واط .

• قدرة البطارية =  $1 \times 30 = 30$  واط .

**مثال :**

في الدارة الكهربائية جانباً عندما يكون المفتاح مفتوح فان قراءة الاميتر تساوي  $A_2$  , و عندما يكون مغلق تكون قراءة الاميتر تساوي  $A_3$  , احسب :

- القوة الدافعة الكهربائية .
- المقاومة الداخلية للبطارية .

**الحل :**

• عندما يكون المفتاح مفتوح  $\Omega_2$  لا علاقة لها بقيمة التيار .

•  $I = \frac{U}{R} = 2 \Leftarrow \frac{U}{2 + 4 + 6} = 2 \Leftarrow \frac{U}{12} = 2$   
 $U = 24 + 20 \dots \dots \dots (1)$

• عندما يكون المفتاح مغلق يصبح  $(\Omega_2, \Omega_1)$  توازي :

$\Omega_2 = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 2$

•  $I = \frac{U}{R} = 3 \Leftarrow \frac{U}{2 + 4 + 2} = 3 \Leftarrow \frac{U}{8} = 3$   
 $U = 24 + 18 \dots \dots \dots (2)$

بمساواة (1) و (2)

$\Omega_2 = 2 \Leftarrow 18 - 20 = 2 - 3 \Leftarrow 24 + 20 = 23 + 18$

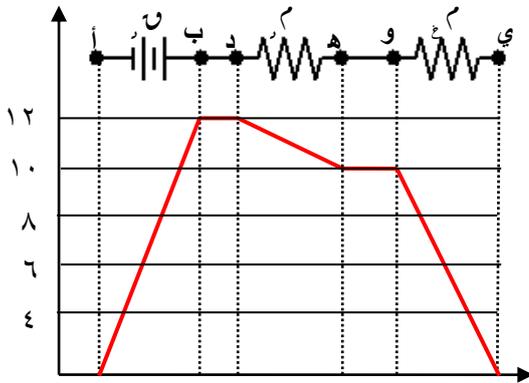
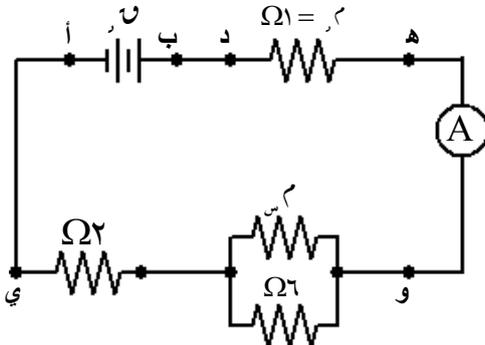
• نعوض في أي من المعادلتين السابقتين فنجد أن :

•  $U = 2 \times 2 + 20 = 24$  فولت .

**مثال :**

الشكل التالي يمثل دائرة كهربائية بسيطة و تغيرات الجهد عبر اجزاءها , اعتماداً على الشكل احسب :

- مقدار القوة الدافعة الكهربائية .
- الهبوط في الجهد عبر الدارة .
- قراءة الاميتر .
- قيمة المقاومة المجهولة ( $r$ ) .



**الحل :**

- من الشكل  $U = 12$  فولت .
- من الشكل الهبوط في الجهد  $= 12 - 10 = 2$  فولت .
- الهبوط في الجهد  $= r \times I$
- $2 = I \times 1 \Rightarrow I = 2$  أمبير .
- نلاحظ من الدائرة و التغيرات في الجهد أن ( $r$ ) هي المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات الموجودة بين النقطتين ( و , ي ) .

$$10 = r \times 2 \Rightarrow r = 5 \Omega$$

$$\frac{1}{r} + \frac{1}{r} = \frac{1}{6} \Rightarrow r = 6 \Omega \text{ (توازي)}$$

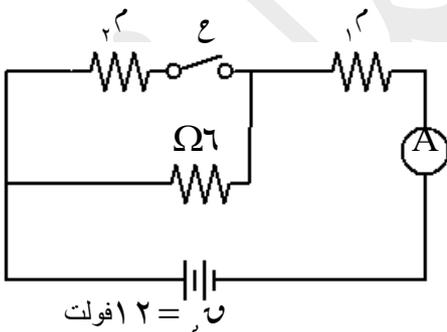
$$r = 5 \Omega \text{ (توالي)} \Rightarrow r = 2 + r' \Rightarrow r' = 3 \Omega$$

$$6 = r' \Rightarrow \frac{1}{r'} + \frac{1}{6} = \frac{1}{3} \Rightarrow \frac{1}{r'} = \frac{1}{6} \Rightarrow r' = 6 \Omega$$

**مثال :**

في الدارة المجاورة كانت قراءة الاميتر A عندما (ح) مفتوح = 1.2 , وعند غلق (ح) أصبحت قراءة الاميتر = 2 A , احسب قيم ( $r, r', r''$ ) ؟

**الحل :**



$$I \text{ مفتوح} = 1.2 = \frac{U}{r'' + 6} \Rightarrow r'' = 4 \Omega$$

ح مغلقة : ( $r, r'$ ) توازي  $r'$  مكافئتهم

$$I \text{ مغلقة} = 2 = \frac{U}{r'' + r'} \Rightarrow r' = 2 \Omega$$

$$r = 3 \Omega \Rightarrow \frac{1}{r} = \frac{1}{6} - \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{1}{r} = \frac{1}{6} + \frac{1}{r'} = \frac{1}{6}$$

**مثال :**

في الشكل المجاور و اعتماداً على البيانات المثبتة عليه احسب :

• قراءة الفولتميتر قبل اغلاق المفتاح .

• بعد اغلاق المفتاح احسب :

أ- جيب

ب- قيمة المقاومة الواجب وصلها مع المقاومة ( $\Omega 3$ )

و كيفية توصيلها حتى تصبح قراءة الاميتر تساوي  $A 2.25$  .

**الحل :**

• قبل اغلاق المفتاح تكون قراءة الفولتميتر مساوية لقيمة القوة الدافعة الكهربائية

•  $U = 24$  فولت .

• عند اغلاق المفتاح :

$$A 2 = \frac{U}{R} = \frac{6 - 24}{3 + 4 + 1 + 1} = \frac{18}{9} \Rightarrow A 2 = \frac{18}{9} \Rightarrow 2 = 2 \times 1 = 4 \times 1 = 8 \text{ فولت .}$$

ب- بما أن قراءة الأميتر يجب أن تصبح ( $A 2.25$ ) ، أي انها سوف تزداد فهذا يعني أن المقاومة المكافئة للدارة قد قلت ، و المقاومة المكافئة تقل عندما يكون التوصيل على التوازي .

لنفرض أن هذه المقاومة هي ( $R$ ) و لنفرض أن المقاومة المكافئة للمقاومات ( $\Omega 3, R$ ) هي  $R'$  .

$$2 = \frac{U}{R} = \frac{6 - 24}{4 + 1 + 1 + R'} \Rightarrow R' = 2 \Rightarrow R' = 2 \Omega$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{3} + \frac{1}{R'} = \frac{1}{3} + \frac{1}{2} = \frac{5}{6} \Rightarrow R = \frac{6}{5} = 1.2 \Omega$$

**مثال :**

في الدارة الموضحة في الشكل اذا كانت قراءة الفولتميتر ( $10$ ) فولت و المفتاح (ح) مفتوح و عند اغلاقه أصبحت قراءة الفولتميتر ( $8$ )

فولت ، جد بعد اغلاق المفتاح كلاً مما يلي :

• قراءة الاميتر .

• الهبوط في الجهد .

• المقاومة الداخلية للبطارية .

**الحل :**

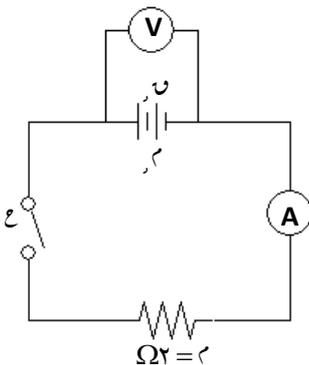
المفتاح مفتوح (ت=صفر) ، قراءة الفولتميتر  $U = 10$  فولت .

بعد غلق المفتاح : قراءة الفولتميتر  $U = 8$  فولت -  $U = 8$  فولت

• قراءة الفولتميتر بعد الاغلاق  $U = 8 \Rightarrow 8 = 2 \times 4 = 8$  فولت

• الهبوط في الجهد  $U = 8 - 10 = -2$  فولت .

• الهبوط في الجهد  $U = 2 \Rightarrow 2 = 4 \times R = 0.5 \Omega$  .



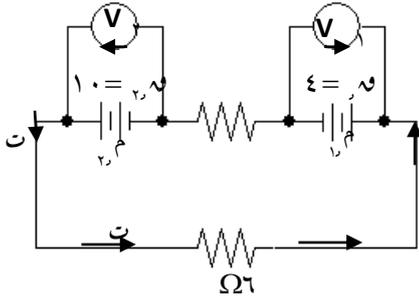
### اسئلة عامة عن معادلة الدارة الكهربائية البسيطة :

السؤال الاول:

في الشكل المجاور اذا علمت أن قراءة الفولتمتر الاول  $= 7.5$  فولت و قراءة الفولتمتر

الثاني  $= 9$  فولت , احسب المقاومة الداخلية لكل بطارية .

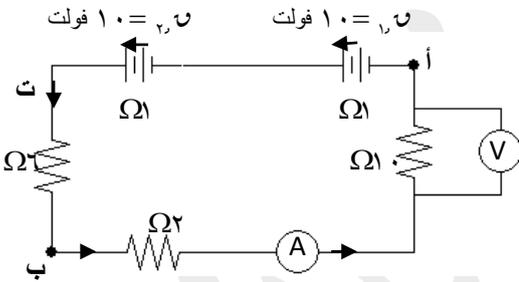
الحل بالترتيب (  $r_1 = 1.4 \Omega, r_2 = 2 \Omega$  ).



السؤال الثاني :

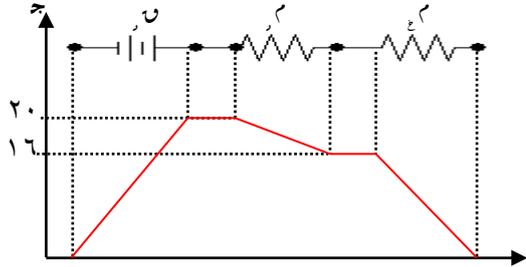
في الشكل المجاور و اعتماداً عل البيانات المبينة عليه , احسب :

- قراءة الاميتر .
  - قراءة الفولتمتر .
  - القدرة المستهلكة في المقاومة (  $0.1 \Omega$  ) .
  - فرق الجهد بين (أ,ب) .
- الحل بالترتيب (  $A = 1, 0$  فولت ,  $0.1$  واط ,  $ج = 2$  فولت ) .



السؤال الثالث :

الشكل المجاور يمثل التغيرات في الجهد عبر دارة كهربائية بسيطة تيارها يساوي (2A) , بالاعتماد على الشكل احسب كلاً مما يلي :

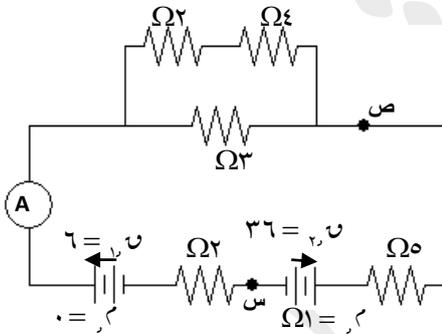


- القوة الدافعة الكهربائية .
- الهبوط في الجهد .
- المقاومة الخارجية (  $r_2$  ) .
- المقاومة الداخلية (  $r_1$  ) .

الحل بالترتيب ( 20 فولت , 4 فولت , 8  $\Omega$  , 2  $\Omega$  ) .

السؤال الرابع :

يبين الشكل دارة كهربائية بسيطة , بالاعتماد على القيم المثبتة عليها احسب :



- قراءة الاميتر .
- فرق الجهد بين (س , ص)
- الطاقة الحرارية المتولدة في المقاومة 20  $\Omega$  خلال دقيقة .
- شدة التيار في المقاومة ( 23  $\Omega$  ) .

الحل بالترتيب ( 23  $\Omega$  , - 18 فولت , 2700 جول , 2A ) .

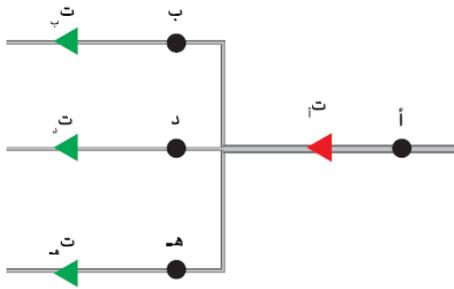
## الشبكات الكهربائية و قاعدة كيرتشفوف (Electric Networks & Kirchhoff's Rules).

**الشبكة الكهربائية :** دائرة كهربائية يتفرع فيها أكثر من تيار بحيث لا يمكن حلها وفقاً لمعادلة الدائرة البسيطة .  
يستخدم لحل هذه الشبكات قاعدة كيرتشفوف :

### قاعدة كيرتشفوف الأولى :

" عند أي نقطة تفرع أو اتصال في دائرة كهربائية , يكون مجموع التيارات الداخلة فيها يساوي مجموع التيارات الخارجة منها " .  
أي أن المجموع الجبري للتيارات عند تلك النقطة يساوي صفراً .

سؤال : تعتبر قاعدة كيرتشفوف الأولى صياغة أخرى لقانون حفظ الشحنة , فسر ذلك ؟  
 نجد أن التيار هو كمية الشحنة التي تعبر خلال زمن و بالتالي تعد صياغة لقانون حفظ الشحنة .



من الشكل المجاور تكون كمية الشحنة التي تعبر النقطة (أ) يساوي مجموع كميات الشحنة

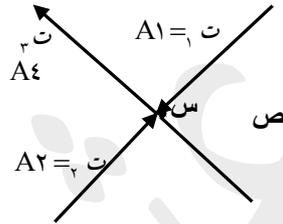
التي تعبر الفروع ( ب , د , هـ ) :

$$\Delta \text{ش} = \Delta \text{ش}_1 + \Delta \text{ش}_2 + \Delta \text{ش}_3$$

$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4$$

سؤال : من الشكل المجاور حدد قيمة و اتجاه التيار في الفرع س , ص ؟

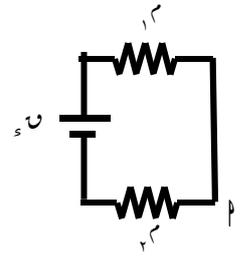
$$\text{الحل : } A_1 = I_1 = 4 = I_2 + I_3 + I_4 = I_4$$



### قاعدة كيرتشفوف الثانية :

" المجموع الجبري للتغيرات في الجهد الكهربائي عبر عناصر أي مسار مغلق في دائرة كهربائية يساوي صفر " .

$$\sum \mathcal{E} = 0 \quad \therefore \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_3 = 0$$



سؤال : تعتبر قاعدة كيرتشفوف الثانية صياغة أخرى لقانون حفظ الطاقة , فسر ذلك ؟؟؟

$$\text{الشغل} = \int \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s} = 0 \quad \text{صفر , حيث } \mathcal{E} = 0$$

بما أن الشغل على مسار مغلق يساوي صفراً , فإن هذا يدل على أن الطاقة محفوظة و بالتالي تعد صيغة أخرى لقانون كيرتشفوف الثاني .

### حساب فرق الجهد بين نقطتين في دائرة كهربائية :

إذا تم تحديد التيار في السؤال فنتعامل مع التيار كما هو محدد ولا نفترض اتجاه بديل , لكن إذا لم يتم تحديد الاتجاه فيجب أن نستخرج اتجاه التيار الرئيسي من أكبر قوة دافعة كهربائية ( بطارية ) .

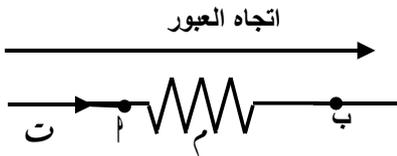
أولاً : نستخرج التيار الرئيسي باستخدام معادلو الدارة البسيطة :

$$I = \frac{U_s}{R_s + R_g}$$

ثانياً : نستخرج التيارات الفرعية للمقاومات الموصولة على التوازي باستخدام العلاقة التالية :

$$I_{\text{رئيسي}} \times R_{\text{مكافئة للفرع}} = I_{\text{فرعي}} \times R_{\text{مكافئة للفرع}}$$

ثالثاً : المقاومات .



- إذا كان اتجاه عبور المقاومة مع اتجاه التيار فإن التغير في الجهد يكون  $(-I R)$  "لأنه من الجهد المرتفع أ الى الجهد المنخفض ب"  

$$V_B - V_A = -I R$$



- إذا كان اتجاه عبور المقاومة عكس اتجاه التيار فإن التغير في الجهد يكون  $(+I R)$  "لأنه من الجهد المنخفض ب الى الجهد المرتفع أ"  

$$V_B - V_A = +I R$$

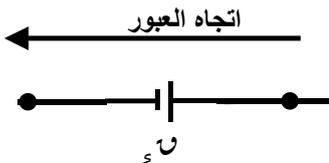
رابعاً : البطاريات :

- إذا كان اتجاه عبور الدارة مع اتجاه القوة الدافعة الكهربائية ( من القطب السالب الى القطب الموجب داخل البطارية ) يكون التغير في الجهد  $(+U_s)$  .



( من الجهد المنخفض الى الجهد المرتفع )

- إذا كان اتجاه عبور الدارة عكس اتجاه القوة الدافعة الكهربائية ( من القطب الموجب الى القطب السالب داخل البطارية ) يكون التغير في الجهد  $(-U_s)$  .

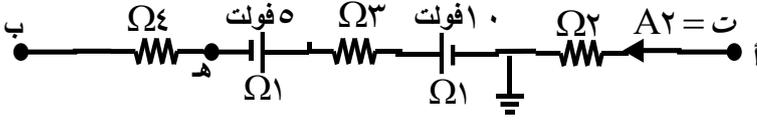


( من الجهد المرتفع الى الجهد المنخفض ) .



### مثـال ٢ :ـ

يمثل الشكل المجاور جزءاً من دائرة كهربائية , اعتماداً على الشكل اوجد كلاً مما يلي :



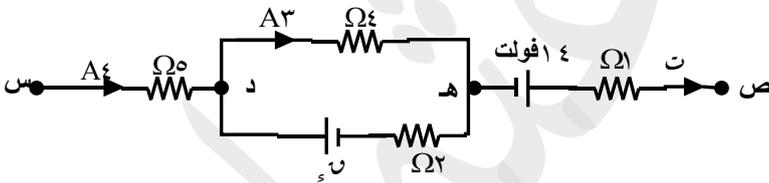
- فرق الجهد بين ( أ , ب ) ؟
- فرق الجهد بين ( هـ , أ ) ؟
- جهد النقطة ( هـ ) ؟
- القدرة المستهلكة في المقاومة ( ٤Ω ) ؟
- قدرة البطارية ذات القوة الدافعة ( ٥ ) فولت ؟

### الحـل :

- $J_{ب-ا} = 2 - 1 + 3 + 1 + 4 = 10$  فولت .
- $J_{ا-هـ} = 10 - 5 + (2 + 1 + 3 + 1) = 10$  فولت .
- $J_{هـ} = 5 - 10 + (1 + 3 + 1) = 0$  فولت .
- القدرة =  $2^2 = 4 \times 2 = 16$  واط .
- قدرة البطارية =  $5 \times 10 = 50$  واط .

### مثـال ٣ :ـ

يمثل الشكل جزءاً من دائرة كهربائية , باهمال (  $r$  ) للبطاريات , جد :



- جـ سـ
- القوة الدافعة الكهربائية لـ  $r$  ؟
- القدرة المستهلكة في المقاومة ( ٤Ω ) ؟

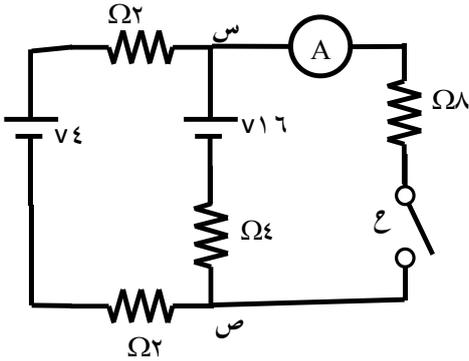
### الحـل :

- نأخذ المسار العلوي
- $J_{س-د} = 5 - 14 + (4 \times 3) - (5 \times 4) = 22$  فولت .
- نأخذ المسار السفلي
- $J_{س-ص} = 5 - 14 + 2 - 20 - (5 \times 4) - (2 \times 1) = 10$  فولت .
- القدرة =  $3^2 = 4 \times 3 = 36$  واط .





مثـال ٨ ————— :

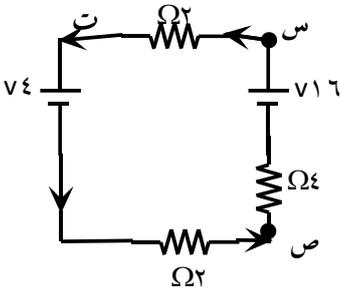


في الدارة الكهربائية الموضحة في الشكل المجاور , أوجد :

- جـرس ( قبل غلق المفتاح ) ؟
- قراءة الاميتر بعد غلق المفتاح ??

الحـل :

- **قبل غلق المفتاح** , نلغي الجزء الايمن من الدارة فتصبح دارة بسيطة , كما بالشكل المجاور :  
 نستطيع حساب التيار مباشرة من معادلة الدارة البسيطة و هنا يجب معرفة الاتجاه الصحيح للتيار ولا يجوز الفرض عند تطبيق المعادلة .



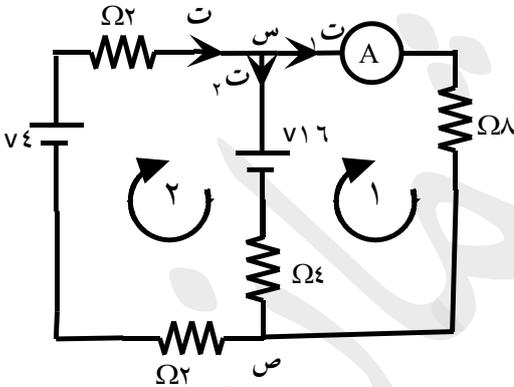
(اتجاه التيار مع القوة الدافعة ٦ فولت ) .

$$A1.5 = \frac{4-16}{2+2+4} = ت \leftarrow \frac{U}{R}$$

$$جـرس = ت + (4) = 16 - 4 \times 1.5 = 6 - 6 = 0$$

$$جـرس = 10 - 4 = 6 \text{ جـرس} \leftarrow \text{جـرس} = 10 \text{ فولت .}$$

- **بعد غلق المفتاح** , تصبح دارة جديدة نفرض أن التيار كما في الشكل , و نفرع هذا التيار عند نقطة التفرع و نطبق قانون كيرتشفوف الاول .



$$ت = ت_1 + ت_2 \text{ ..... (١) حسب قاعدة كيرتشفوف الاولى .}$$

نطبق قانون كيرتشفوف الثاني على الحلقة (٢) كل على حدة و السهم داخل الحلقة يشير الى اتجاه العبور .

الحلقة (١) :

$$جـرس = صفر.... (١) - ت_1 (٨) + ت_2 (٤) + 16 = 0$$

$$- 8 ت_1 + 4 ت_2 = 16 - 16 = 0 \text{ ..... (٢)}$$

الحلقة (٢) :

$$جـرس = صفر.... (٢) - ت_2 (٤) - ت_1 (٢+٢) + 16 = 0$$

$$- 4 ت_2 - 4 ت_1 + 16 = 0 \text{ ..... (٣)}$$

## حل المعادلات :

نعوض (١) بـ (٣) و ينتج :  $ت_١ + ت_٢ = ٣ - ٣$  ..... (٤)

نجمع المعادلة (٢) و المعادلة (٤) و نحذف (ت<sub>٢</sub>) :

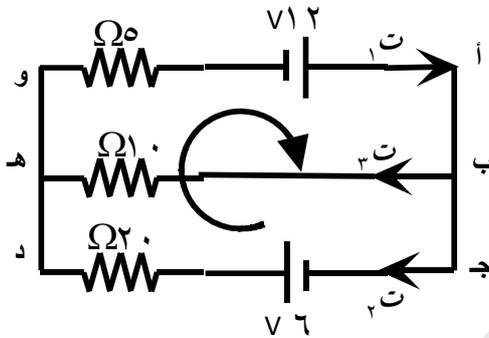
$$ت_١ + ت_٢ = ٣ - ٣$$

$$٨ = ت_١ + ت_٢ - ٤ \leftarrow (٢) \dots \dots \dots$$

$$٨ = ت_١ + ت_٢ - ٤ \leftarrow (٢) \dots \dots \dots$$

ت<sub>١</sub> = ٥ ← (٢) (قراءة الاميتر) .

## مثال ٩ :



مستخدماً قانوني كيرتشفوف احسب قيم كل من (ت<sub>١</sub>، ت<sub>٢</sub>، ت<sub>٣</sub>) :

## الحل :

عند كل من النقطتين (ب ، هـ) و بتطبيق قانون كيرتشفوف الاول نجد أن :

$$ت_١ = ت_٢ + ت_٣ \dots \dots \dots (١)$$

بتطبيق قانون كيرتشفوف الثاني على المسار المغلق الاعلى نجد أن :

$$٠ - ١٢ = ت_١ + ت_٣ - ٥ = ٠ \leftarrow (٢) \dots \dots \dots$$

بالتعويض المعادلة (١) في المعادلة (٢) ينتج :

$$١٠ = ت_١ + ت_٣ - ٥ = ١٢ = (ت_١ + ت_٣) + ت_٣ - ٥ \leftarrow (٣) \dots \dots \dots$$

بتطبيق قانون كيرتشفوف الثاني على المسار المغلق السفلي :

$$٠ - ٦ = ت_١ + ت_٣ - ٢ = ٠ \leftarrow (٤) \dots \dots \dots$$

بحل المعادلتين (٤،٣) جبرياً :

$$١٢ = ت_١ + ت_٣$$

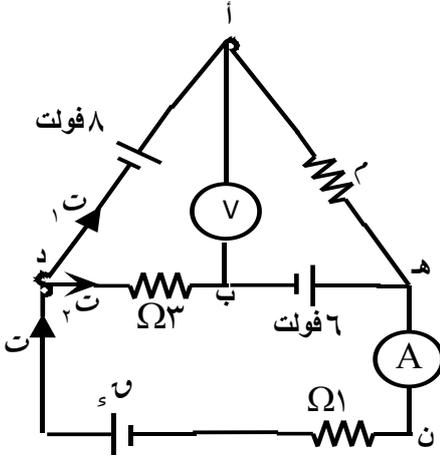
$$٠ - ٦ = ت_١ + ت_٣ - ٢ = ٠ \leftarrow (٤) \dots \dots \dots$$

$$٠ - ٦ = ت_١ + ت_٣ - ٢ = ٠ \leftarrow (٤) \dots \dots \dots$$

نلاحظ أن قيم التيارات جميعها موجبة و هذا يعني أن اختيارنا لاتجاهات التيارات الثلاثة صحيحة .

أسئلة عامة على قوانين كيرتشفوف :

سـ ١ — سؤال :



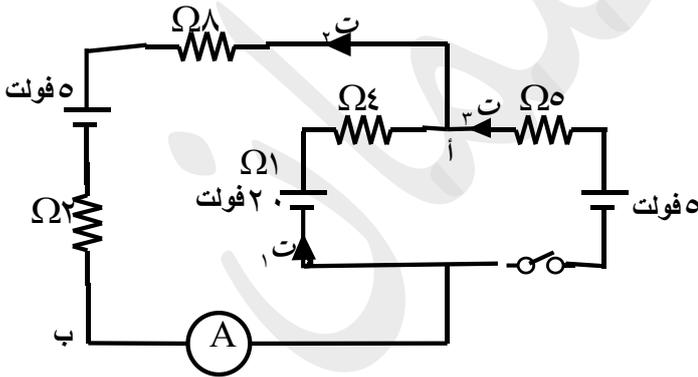
في الدارة المجاورة اذا علمت أن قراءة الاميتر (٤ A) , و قراءة الفولتميتر (٤) فولت

(٢ مهملة للبطارية) , أوجد :

- المقاومة (م) ؟
- القوة الدافعة (٥) ؟

الاجابة (٢ = ٤Ω، ٥ فولت )

سـ ٢ — سؤال :

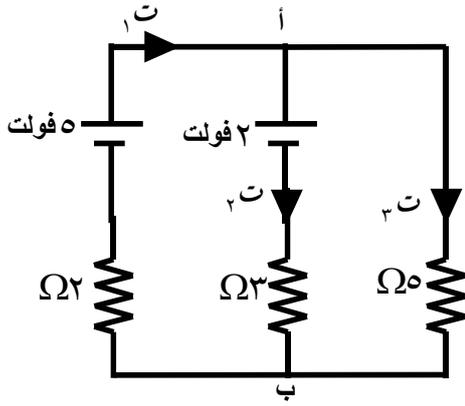


في الدارة الموضحة بالشكل المجاور جد كل مما يلي :

- قراءة الاميتر و المفتاح مفتوح ؟
- قراءة الاميتر و المفتاح مغلق ؟
- فرق الجهد بين ( أ , ب ) ؟

الاجابة بالترتيب (A١, ٠.٦A, ١ فولت) .

سـ ٣ —ؤال :

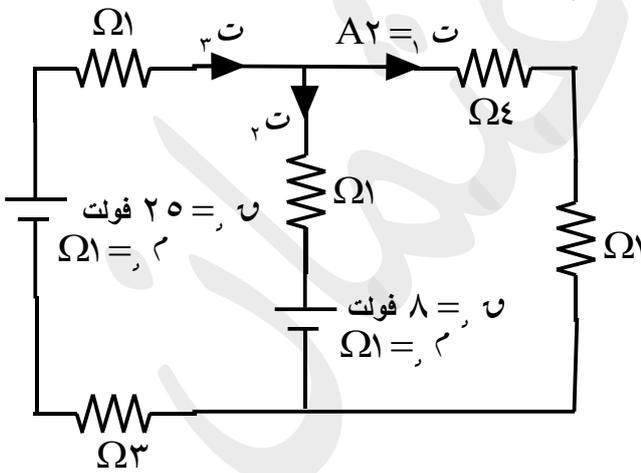


في الدارة الموضحة بالشكل المجاور , جد كل مما يلي :

- شدة التيارات في كل فرع ؟
- فرق الجهد بين النقطتين ( أ , ب ) ؟

الاجابة بالترتيب ( ت<sub>١</sub> = ١.٢٢ ا , ت<sub>٢</sub> = ٠.٥١٦ ا , ت<sub>٣</sub> = ٠.٧١ ) .

سـ ٤ —ؤال :



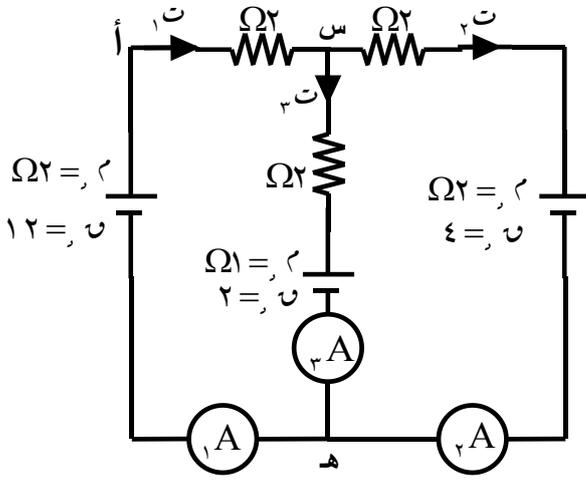
في الشكل المجاور اذا علمت أن ( ت<sub>١</sub> = ٢ أمبير ) , جد كل مما يلي :

- القدرة المستنفذة في المقاومة ( ٤ أوم ) .
- مقدار التيار ( ت<sub>٣</sub> ) .

الاجابة بالترتيب ( القدرة = ١٦ واط , ت<sub>٣</sub> = ٣ أمبير )

سؤال ٥ :

في الدارة المبينة في الشكل و بالاعتماد على البيانات المثبتة عليه , جد كل مما يلي :

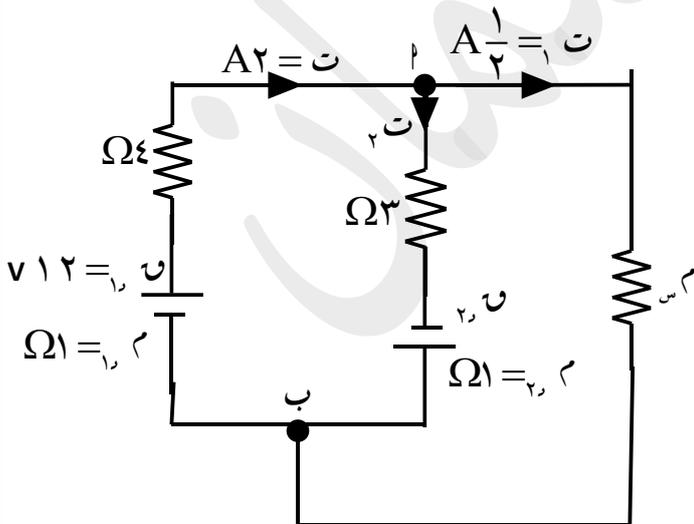


- قراءة الأميتر  $A_1, A_2, A_3$  .
- فرق الجهد بين ( س , هـ ) .
- القدرة المستنفذه في المقاومة ( أ , س ) .

الاجابة بالترتيب ( ت<sub>١</sub>=١,٦ . ت<sub>٢</sub>=٠,٤ . ت<sub>٣</sub>=١,٢ )  
 ( ج<sub>س هـ</sub> = ٥,٦ فولت )  
 ( القدرة المستنفذه = ٥,١٢ واط )

سؤال ٦ :

بالاعتماد على المعلومات المثبتة على الدارة الكهربائية المبينة في الشكل , ملتزماً بتسمية التيارات و اتجاهاتها , احسب كل مما يلي :



- ج<sub>أ ب</sub> .
- المقاومة (م س)
- ق<sub>د</sub> .

الاجابة بالترتيب ( ٢ فولت , ٤ أوم , ٤ فولت )

محمد عثمان